

Influencia del riego en la calidad del aceite en olivar superintensivo

Se analiza el efecto del riego deficitario controlado frente a un riego completo

B. Sastre¹, A. Arbonés², J. Rufat², C. de Lorenzo^{1,3}, M. Pascual⁴, A. Benito¹, J.M. Villar⁴, L. Bonet⁵, S. Paz⁶, A. Santos⁷, J.F. Hermoso⁸, M.A. Pérez¹.

¹ Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (Imidra).

² Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries - IRTA Fruitcentre.

³ DG de Planificación, Investigación y Formación - Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid.

⁴ Universitat de Lleida - UdL- Grupo de Investigación Suelos y Aguas.

⁵ Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

⁶ Servicio de Transferencia de Tecnología de la Conselleria de Agricultura de la Generalitat Valenciana.

⁷ Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Alimentarias (INTIA).

⁸ Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) Mas Bové.

El objetivo de este trabajo es estudiar el impacto del riego deficitario controlado frente a un riego completo en cinco plantaciones superintensivas de olivo cv. Arbequina sobre la calidad de los aceites de oliva virgen elaborados. En este estudio se cuenta con plantaciones en distintas localidades del este y centro de España, lo que permite abarcar zonas con diferente importancia socioeconómica del olivar y con peculiaridades de clima y suelo. Se trata de distintas situaciones, todas ellas con un objetivo común: la eficiencia productiva del riego por medio del ahorro de agua, así como la mejora de la calidad y estabilidad en el aceite de oliva virgen.

Las plantaciones de olivar en sistema superintensivo han experimentado un aumento desde mediados de los años 90 debido a la posibilidad de mecanizar las prácticas culturales, especialmente la recolección y poda. Actualmente existen más de 100.000 ha de olivar plantado en seto (Rius y Lacarte, 2015), que representan aproximadamente un 1% de la superficie

total, que se estima en unos 10,8 millones de hectáreas (Faostat, 2017). Además hay una expansión a zonas donde no es un cultivo tradicional, como Sudamérica (Connor *et al.*, 2014). El olivar en seto se caracteriza tanto por el alto grado de mecanización como por su rápida entrada en producción, maximizando la superficie foliar por hectárea de la plantación (Hermoso *et al.*, 2016).



Cosecha en el ensayo de Torres del Segre (Lleida) y toma de muestra para la elaboración de aceite en Abencor.

Uno de los objetivos principales de este sistema de cultivo es obtener producciones elevadas, siendo la disponibilidad de agua el factor más limitante de la productividad. Uno de los retos de este sistema de cultivo es que las producciones sean estables siendo éste un aspecto variable según zonas agroclimáticas.

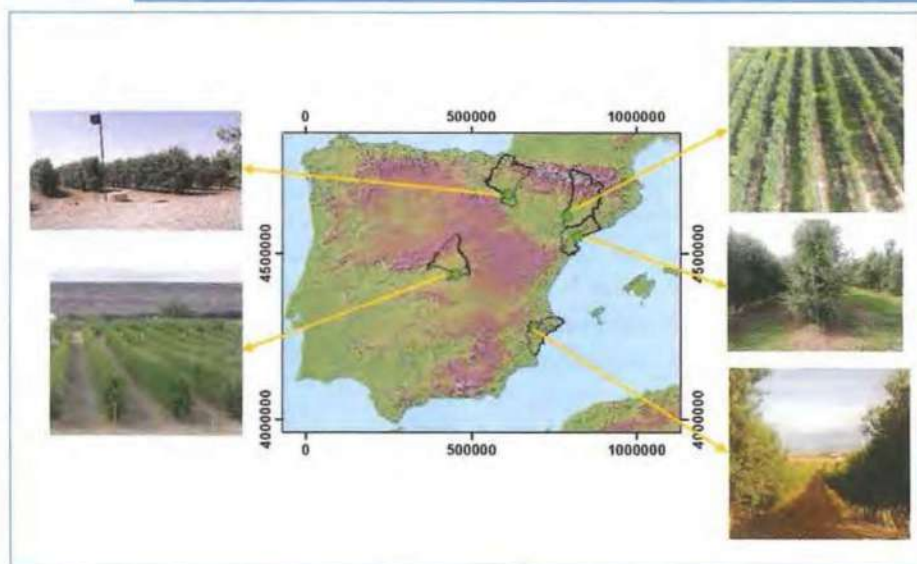
El olivar superintensivo requiere mayor dosis de agua por hectárea que el olivar tradicional (Hermoso *et al.*, 2016), debido a la mayor densidad de plantas por hectárea (más de 1.000 árboles/ha) y está limitado a unas pocas variedades, siendo el cv. Arbequina el más extendido en todo el mundo (Vossen, 2013).

No hay duda de que el riego incrementa la producción de aceite, pero esta agua puede tener un efecto negativo sobre su calidad, reduciendo el contenido en fenoles totales (Rallo *et al.*, 2018), menor estabilidad, y atributos sensoriales más pobres (Fernández, 2014), pudiendo alterar el perfil de ácidos grasos (Vossen, 2013).

El manejo del agua de riego, un recurso cada vez más limitado, impone la necesidad de estudiar la respuesta del olivo a aplicaciones reducidas de agua, así como su impacto tanto en factores productivos, como sobre la calidad del aceite elaborado. El riego deficitario consiste en aportar menos cantidad de agua que el volumen realmente necesario para compensar las pérdidas de evapotranspiración del olivo durante el periodo de riego, siendo el riego deficitario controlado una estrategia en la que la reducción de la dotación de agua es aplicada en una fase de desarrollo del cultivo determinada (Ferreira, 2012).

Estas estrategias permiten reducir el aporte total de agua, tratando de minimizar su efecto sobre la producción y la calidad del aceite (Gucci *et al.*, 2019), incrementando así la eficiencia en el uso del agua (Mariana *et al.*, 2003) y permitiendo controlar a su vez el vigor del árbol (Fernández, 2014).

FIG. 1 Localización y fotografía de los cinco ensayos de riego, marcados con una estrella verde.



Material y métodos

Las plantaciones de olivar superintensivo de la variedad Arbequina incluidas en el estudio están situadas en las provincias de Lleida, Tarragona, Navarra, Alicante y Madrid (**figura 1**). En Lleida, el ensayo se llevó a cabo en una plantación comercial en Torres de Segre con un marco de 4,5 x 2,2 m (1.010 olivos-ha⁻¹). La plantación de Tarragona, situada en el municipio de Constantí, en la finca del IRTA Mas Bové, tiene una densidad de 1.250 olivos-ha⁻¹ en un marco de 4 x 2 m. En Navarra, se llevó a cabo en una plantación comercial del término municipal de Cadreita con 1.667 olivos-ha⁻¹. El ensayo de Alicante se llevó a cabo en una finca particular del término municipal de Villena con 1.667 olivos-ha⁻¹. Y en Madrid, se realizó el ensayo en la finca La Chimenea del Imidra en Aranjuez, en una plantación con un marco de 3,75 x 1,8 m (1.481 olivos-ha⁻¹).

En todos los casos se aplicó un riego completo (R100) cubriendo el 100% de las necesidades hídricas durante toda la campaña de riego siguiendo el método del balance hídrico, aportando la cantidad de

agua necesaria (**expresión 1**) para compensar la evapotranspiración del cultivo (**expresión 2**).

Expresión 1:

$$BH = ET_c - Pe$$

BH: balance hídrico.

ET_c: evapotranspiración del cultivo.

Pe: precipitación efectiva, fracción de la precipitación total utilizada para satisfacer las necesidades de agua del cultivo.

Expresión 2:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \cdot K_{et}$$

ET₀: evapotranspiración de referencia.

K_c: coeficiente del cultivo.

K_{et}: coeficiente empírico relativo a la ET de un olivar de cobertura incompleta (inmaduro), y está relacionado con la proyección horizontal de la sombra de los árboles. En todos los ensayos este coeficiente fue igual a 1.

La estrategia de riego deficitario controlado (RDC40) consistió en la aplicación del 40% de las necesidades hídricas des-

de el endurecimiento masivo del hueso (mediados de julio) hasta finales de agosto, aplicando antes y después las mismas cantidades de agua que en el R100. Se han definido así tres fases de riego: 1) inicial, 2) déficit y 3) recuperación. El diseño experimental consistió en bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento.

Las aceitunas fueron recolectadas en el mes de noviembre en las campañas 2015/16 y 2016/17, con un índice de madurez alrededor de 3. Los aceites se elaboraron en laboratorio con el sistema Abencor (MC2, Ingenierías y Sistemas, Sevilla), se filtraron y mantuvieron en oscuridad refrigerados a 5°C hasta su posterior análisis. En los aceites elaborados se determinaron los índices de calidad: acidez libre, el índice de peróxidos, K_{232} y K_{270} , siguiendo los métodos descritos en el Reglamento (CEE) nº 2568/91 (CEE, 1991). También se determinó el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) por cromatografía de gases (CEE, 1991), así como el contenido en fenoles totales (Vázquez Roncero *et al.*, 1973) y la estabilidad oxidativa mediante el método Rancimat (Firestone, 1998) a 120°C, con un flujo de aire de 20 l/h.

El análisis sensorial de los aceites se llevó a cabo por el Panel de Catadores de Aceite de Oliva Virgen de la Comunidad de Madrid, según el Reglamento (CEE) nº 640/2008 (CEE, 2008).

El análisis estadístico de los resultados se realizó usando el programa SPSS, con un Anova de tres factores (localidad, año y riego) utilizando el test de Tukey para la separación de medias.

Resultados y discusión

Respecto a las condiciones meteorológicas, el año 2015 fue más seco que 2016 en Madrid, mientras que en Navarra y Tarragona fue más lluvioso, observándose precipitaciones similares en Alicante y Lleida (**cuadro I**). En 2015 la precipitación

CUADRO I

DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y PRECIPITACIÓN EN LAS DOS CAMPAÑAS ESTUDIADAS PARA CADA LOCALIDAD.

Ensayo	Densidad (olivos/ha)	Precipitación (mm)	
		2015	2016
Alicante	1.667	277	288
Lleida	1.010	301	312
Madrid	1.481	246	450
Navarra	1.667	320	289
Tarragona	1.250	550	500



Aceitunas cv. Arbequina del ensayo de Madrid de riego completo (R100) (izda) y riego deficitario controlado (RDC40) (drcha).

varió entre los 246 mm de Madrid y los 550 de Tarragona. En 2016 las mayores lluvias las recibió de nuevo Tarragona, con 500 mm, frente a las menores precipitaciones de Alicante y Navarra, con 288 y 289 mm respectivamente.

La campaña de riego comenzó entre finales de abril y primeros de mayo y se prolongó hasta el comienzo de las primeras lluvias (octubre). Las cantidades de riego aplicadas se presentan en la **figura 2**, con un promedio para todas las localidades y campañas de 442 mm (4.420 m³/ha) en R100, y de 342 mm (3.420 m³/ha) para el RDC40, lo que supuso un ahorro del 23% del agua aplicada.

La mayor parte del agua se aportó en el periodo inicial del riego (un 47% en R100 y 61% en RDC40), siendo mucho

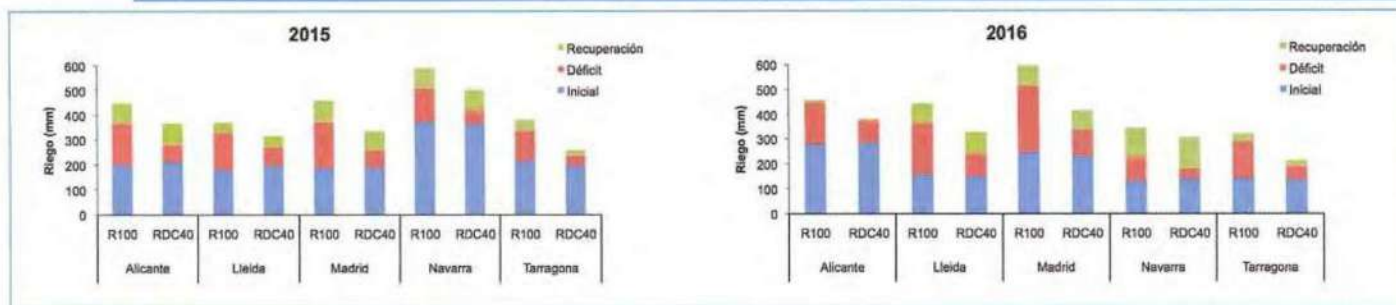
menor en el periodo de recuperación (15% y 18% en R100 y RDC40 respectivamente). La cantidad de agua aplicada en promedio para todas las localidades y años en el periodo inicial (entre abril/mayo y mediados de julio) fue de 211 mm, para el periodo de déficit (entre mediados de julio y finales de agosto) fue de 168 mm para R100 y 71 mm para RDC40, y desde finales de agosto a octubre (periodo de recuperación) de 61 mm.

Todos los aceites obtuvieron la calificación de aceite de oliva virgen extra (AOVE) al cumplir con los límites reglamentados tanto de los parámetros físico-químicos como sensoriales (Reglamento (UE) nº 1348/2013), con excepción de algunos de los aceites elaborados en Alicante en 2015, que debido a unas heladas tempranas que dañaron la aceituna, presentaron el defecto sensorial de madera húmeda, correspondiendo a la categoría de aceite de oliva virgen.

Localidad de recolección

La localidad de recolección es el parámetro que más ha influido sobre todas las variables estudiadas (**cuadro II**), y por tanto sobre la calidad y composición de los aceites. Los monovarietales elaborados en Madrid y Lleida presentaron contenidos

FIG. 2 Dotación de riego aportada en cada periodo, tipo de riego, localidad y campaña en el momento inicial, de déficit (mediados de julio hasta finales de agosto) y de recuperación.



más elevados en fenoles totales, antioxidantes naturales del aceite de oliva virgen, con valores medios de 459 y 304 ppm respectivamente. Estos niveles son superiores a los que figuran en bibliografía para los aceites elaborados con esta variedad (Tous y col., 2005). Los resultados obtenidos son acordes con las puntuaciones de

amargo y picante otorgadas a estos monovarietales en el análisis sensorial, que resultaron ser significativamente más amargos y picantes que el resto.

Los aceites obtenidos en Navarra mostraron un mayor porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados (77,5%) y una elevada relación MUFA/PUFA, lo que les pro-

porciona una mayor estabilidad oxidativa así como unas buenas características desde el punto de vista nutricional, si bien sus intensidades de frutado y amargo no fueron elevadas.

La estabilidad oxidativa, parámetro que predice la vida útil de un aceite de oliva y su comportamiento en la elabora-

LABOREO DEL RASTROJO

UNA LUZ TOTALMENTE NUEVA CUANDO TRABAJA SIN ESFUERZOS LATERALES. **RUBIN 10**



El Rubin 10 es una excelente opción para cualquier laboreo de rastreo superficial y grandes extensiones. Con su nueva disposición de discos simétrica, proporciona una mezcla intensa y homogénea de materia orgánica en el suelo, ¡incluso a altas velocidades de trabajo! Descubre muchos otros beneficios para ti:

- Ajustes de alto confort de las gradas de impacto y nivelación, para una incorporación y nivelación óptimas del suelo y materia orgánica
- Nuevo diseño de la rueda de transporte en implementos montados para permitir el uso de rodillos pesados y ofrecer un funcionamiento seguro en la carretera y en el campo
- Disposición simétrica del disco para una mayor economía de combustible y trabajo sin esfuerzos laterales
- Discos DuraMAXX más duros con un diámetro mayor para una mayor vida útil y tiempos de durabilidad más largos

ción de alimentos a alta temperatura, fue elevada tanto en los aceites de Madrid como en los de Lleida y Navarra (**cuadro II**). Esto es debido al importante efecto que tienen los fenoles sobre la estabilidad, así como a la presencia de un mayor porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados (Gutiérrez *et al.*, 2001).

Los aceites de Tarragona y Alicante tuvieron un contenido inferior en fenoles totales y una menor relación MUFA/PUFA, lo que da lugar a que estos monovarietales presenten menor estabilidad oxidativa que los elaborados en el resto de localidades.

Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de la zona de cultivo, con distintas condiciones edafoclimáticas, sobre la calidad y composición del aceite de oliva virgen, como ya ha sido descrito por otros grupos (Aparicio y García-González, 2013, Bakhouch *et al.*, 2013). En cualquier caso, cabe destacar que todos los aceites obtenidos en las diferentes localidades poseen una relación MUFA/PUFA superior a los 5,14 que obtuvieron en aceites de Arbequina en Córdoba (Tous *et al.*, 2005) y, además, como se ha expuesto



Recolección máquina cabalgante en el ensayo de Villena (Alicante).



Instalación diferentes tratamientos de riego en el ensayo de Mas Bové (Tarragona).

previamente, que los monovarietales elaborados en Madrid y Lleida presentan un contenido en fenoles totales que duplica el reflejado en este mismo ensayo (media de 182 ppm).

Año de cosecha

El año de cosecha ha influido sobre todas las variables estudiadas en los aceites, excepto en el índice de peróxidos y en el

picante, lo que evidencia la importancia de la campaña oleícola en la calidad del aceite virgen. Por el contrario, la estrategia de riego aplicada no afectó a la mayoría de los parámetros evaluados, mostrando únicamente un efecto estadísticamente significativo sobre la composición de ácidos grasos y el atributo amargo. Así, los aceites sometidos a RDC40 tuvieron un menor contenido en MUFA y mayor en PUFA, lo

CUADRO II

MEDIAS DEL ÍNDICE DE MADUREZ, ÍNDICES DE CALIDAD, FENOLES TOTALES, RELACIÓN MUFA/PUFA, ESTABILIDAD OXIDATIVA Y ANÁLISIS SENSORIAL DE LAS CINCO LOCALIDADES, DOS RIEGOS Y DOS CAMPAÑAS.

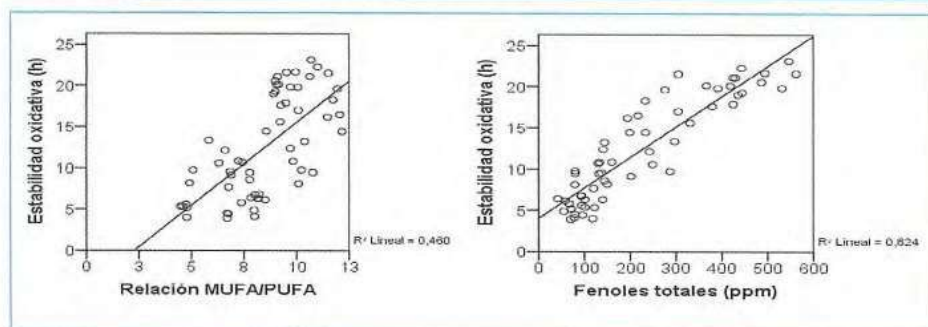
	Índice de madurez	Acidez libre	Índice de peróxidos	K ₂₃₂	K ₂₇₀	Estabilidad oxidativa (h)	Polifenoles (ppm)	MUFA (%)	PUFA (%)	MUFA/PUFA	Frutado	Amargo	Picante
Localidad	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Riego	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	*	ns
Año	**	***	ns	***	***	**	**	***	***	*	***	**	ns
Localidad													
Madrid	3,2 ab	0,15 c	2,78 c	1,71 a	0,12 a	20,0 a	459 a	75,4 b	7,8 c	9,7 b	5,2 a	3,5 a	4,1 a
Lleida	3,1 ab	0,18 c	6,72 a	1,72 a	0,09 b	14,9 b	304 b	73,2 c	9,8 b	7,8 c	5,3 a	2,8 b	3,2 b
Tarragona	2,7 ab	0,26 b	5,13 b	1,61 ab	0,09 c	7,0 c	106 d	72,5 d	10,0 b	7,3 d	5,0 a	1,9 c	2,2 cd
Alicante	3,4 a	0,42 a	4,81 b	1,53 bc	0,08 b	6,0 c	99 d	71,2 e	11,8 a	6,4 e	4,4 b	1,3 d	1,7 d
Navarra	2,7 b	0,31 b	4,78 b	1,42 c	0,08 c	14,2 b	173 c	77,5 a	7,1 d	11,0 a	4,5 b	1,8 cd	2,5 c
Riego													
R100	2,9	0,27	5,02	1,58	0,09	12,4	221	74,3 a	9,1 b	8,7 a	4,9	2,2 b	2,6
RDC40	3,0	0,26	4,67	1,62	0,10	12,4	235	73,6 b	9,5 a	8,2 b	4,9	2,4 a	2,9
Año													
2015	3,2 a	0,17 b	4,64	1,67 b	0,09 b	11,6 b	213 b	74,3 a	9,1 b	8,5 a	4,7 b	2,1 a	2,7
2016	2,8 b	0,36 a	5,05	1,53 a	0,10 a	13,2 a	243 a	73,6 b	9,5 a	8,4 b	5,1 a	2,4 b	2,8

Valores con letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey ($p < 0,05$). Los niveles de significación son: ns: no significativo; *: $p < 0,050$; **: $p < 0,010$; ***: $p < 0,001$.



Control de cosecha en el ensayo de Mas Bové (Tarragona).

FIG. 3 Fenoles totales y relación MUFA/PUFA frente a la estabilidad oxidativa.



que dio lugar a una disminución en 5 puntos de la relación MUFA/PUFA, si bien incrementaron ligeramente el contenido en fenoles (sin significación estadística).

Como ya se ha mencionado, el contenido en fenoles totales y en monoinsaturados, afecta positivamente a la estabilidad oxidativa, y dado que el riego tiene un efecto opuesto en ambos compuestos, el resultado final es que la estabilidad oxidativa no se ve alterada en función del riego. Desde el punto de vista sensorial, los aceites procedentes de los tratamientos con restricción de agua resultaron ser más amargos, no viéndose afectada la intensidad de frutado por el tipo de riego aplicado.

Esta relación positiva del contenido en fenoles totales del aceite y de la relación MUFA/PUFA con la estabilidad oxidativa se observa claramente en la **figura 3**. Dicha relación es más fuerte en el caso de

los fenoles totales ($R^2 = 0,824$) que con la relación MUFA/PUFA ($R^2 = 0,460$). Estos resultados son acordes con los estudios que establecen que aproximadamente el 50% de la estabilidad oxidativa del aceite de oliva virgen se debe a los polifenoles (Papadopoulos y Boskou, 1991, Gutiérrez *et al.*, 2001), existiendo también otros compuestos responsables en gran medida de la resistencia a la oxidación de los aceites, como es la composición en ácidos grasos y los niveles de tocoferoles y pigmentos.

Conclusiones

La calidad y composición del aceite de oliva virgen está muy ligada tanto a su zona de producción como a la campaña agrícola, si bien la estrategia de riego deficitario controlado no parece influir de forma sustancial en la calidad de los aceites.

Los monovarietales de Arbequina procedentes de Madrid y Lleida presentaron un mayor contenido en fenoles totales, mientras que los aceites de Navarra destacaron por contar con una elevada relación MUFA/PUFA, junto con los de Madrid. Consecuentemente, los aceites de Madrid mostraron una mayor estabilidad oxidativa, seguidos de los de Lleida y Navarra (todos ellos pertenecen a una zona más continental desde el punto de vista climático). Los aceites elaborados en Alicante y Tarragona (en zona climática de litoral) resultaron ser menos estables así como menos amargos y picantes que el resto. Se confirma el hecho de que la composición química del aceite de oliva virgen está influenciada en gran medida por la zona geográfica de producción, existiendo una importante interacción cultivar/ambiente.

La estrategia de riego aplicada no ha influido en la mayoría de los parámetros evaluados, con excepción de la composición en ácidos grasos y la intensidad de amargo. Los aceites obtenidos bajo la estrategia de RDC40 disminuyeron su contenido en ácidos grasos monoinsaturados y en la relación MUFA/PUFA, resultando ser más amargos desde el punto de vista sensorial. Estas diferencias en los aceites debidas al riego han sido de pequeña magnitud, por lo que el RDC40 no ha supuesto una afectación importante en las propiedades físico-químicas ni sensoriales de los aceites. Se evidencia, por tanto, que la estrategia RDC40 no influye de forma sustancial en la calidad de los aceites, si bien ha permitido reducir de media un 25% el agua aplicada al cultivo. ■

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en parte gracias al proyecto RTA 2012-00059 financiado por el INIA.

BIBLIOGRAFÍA

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores que pueden solicitar a través el e-mail: redaccion@eumedia.es